

PENENTUAN SIFAT TERMOFISIK (*THERMOPHYSIC PROPERTIES*) TEMU LAWAK DAN TEMU PUTIH

THERMOPHYSIC PROPERTIES DETERMINATION OF CURCUMA XANTHORRHIZA ROXB AND CURCUMA ZEDOARIA

Lamhot P. Manalu⁽¹⁾ dan Amos⁽²⁾

Pusat Teknologi Agroindustri BPPT⁽¹⁾

Jl. M.H. Thamrin 8 Gedung 2 Lantai 17 Jakarta 10340

Pusat Audit Teknologi BPPT ⁽²⁾

Jl. M.H. Thamrin 8 Gedung 2 Lantai 12 Jakarta 10340

e-mail: lpmanalu@yahoo.com ⁽¹⁾; amoslukas2010@gmail.com⁽²⁾

Diajukan: 27 Oktober 2011; Disetujui:

Abstrak

Dalam merancang suatu sistem proses dan peralatan pengolahan hasil pertanian diperlukan pengetahuan tentang sifat-sifat panas suatu bahan diantaranya panas jenis, konduktivitas dan difusivitas panas. Nilai-nilai tersebut untuk produk pertanian lokal sangat jarang ditemukan, sehingga dalam aplikasinya sering digunakan data sifat panas dari literatur luar yang belum tentu sesuai dan tepat dengan produk dalam negeri, hal ini dapat menyebabkan terjadinya bias dalam perhitungan dan perancangan. Studi ini bertujuan untuk menentukan sifat-sifat/properti panas dari tanaman obat temu lawak dan temu putih. Hasil studi mendapatkan bahwa nilai panas konduktivitas panas temu lawak dan temu putih masing-masing adalah 0.2797 W/m°C dan 0.1359 W/m°C, sedangkan nilai difusivitas panasnya masing-masing adalah 9.34×10^{-8} m²/detik dan 1.00×10^{-7} m²/detik.

Kata Kunci : sifat panas, temu lawak, temu putih jenis, konduktivitas, difusivitas panas

Abstract

The most important limitation in process design for agricultural products is the lack of information on their thermal properties. Although a lot of experimental data can be found, the variety of products and the differences in measurement method make limitation on the value of the available data, especially for Indonesia's products. These data are needed to get information about temperature change when product was processed like heating or cooling. It is worth due to optimizing the efficiency of energy. The objective of this study is to determine thermal diffusivity and conductivity of java turmeric and zedoary herbs. The values were determined numerically with indirect methods. The result shows that thermal conductivity of java turmeric and zedoary are 0.2797 W/m°C and 0.1359 W/m°C, respectively, while thermal diffusivity are 9.34×10^{-8} m²/s and 1.00×10^{-7} m²/s, respectively.

Keywords : thermal properties, java turmeric, zedoary, thermal conductivity, thermal diffusivity

PENDAHULUAN

Produk pertanian termasuk tanaman obat merupakan produk yang mudah rusak sehingga diperlukan cara-cara penanganan pascapanen yang lebih baik untuk dapat memperpanjang umur simpan. Perlakuan pendinginan adalah cara yang biasa dilakukan untuk memperpanjang umur simpan sekaligus mempertahankan kualitas produk dengan

syarat suhu, waktu dan parameter pendinginan lainnya sesuai dengan karakteristik produk yang didinginkan (Rizvi, 2005). Demikian juga dengan perlakuan panas baik menggunakan air panas, uap panas maupun kombinasi keduanya merupakan perlakuan pendahuluan dalam penanganan segar sayuran dan buah-buahan untuk menekan pertumbuhan mikroorganisme seperti jamur (Mayor and Sereno, 2004).

Untuk merancang sistem pendinginan dan pemanasan yang baik dan tepat untuk komoditas pertanian, perlu diketahui karakteristik atau properti termofisik (*thermal properties*) masing-masing produk. Hal ini dapat dipahami mengingat pendinginan dan perlakuan panas berkaitan erat dengan dengan proses pindah panas. Sifat panas akan menentukan karakteristik perubahan suhu produk sehingga dapat ditentukan kebutuhan energi dan waktu perlakuan secara tepat (Weidenfeller, 2004). Nilai difusivitas panas bahan merupakan salah satu sifat panas yang dibutuhkan untuk menduga laju perubahan suhu bahan sehingga dapat ditentukan waktu optimum yang dibutuhkan dalam proses pengolahan, pengeringan atau pendinginan (Singh and Goswami, 2000). Dengan mengetahui waktu optimum tersebut, selain dapat menghindari terjadinya kerusakan bahan juga dapat menghemat penggunaan energi.

Temu putih (*Curcuma zedoaria* Berg.) merupakan tanaman semak dengan tinggi sekitar 2 m. Bagian tanaman yang digunakan sebagai obat adalah umbi akar yang diiris dan dikeringkan. Rimpang temu putih mengandung zat warna kuning yang disebut kurkuminoid (diarilheptanoid) dan senyawa kimia lain, seperti: minyak atsiri, zingiberen, sineol, polisakarida, dan golongan lain. (BPOM, 2007). Komponen yang dominan di dalam temu putih adalah minyak atsiri, beberapa penelitian melaporkan bahan aktif temu putih bersifat anti kanker dan anti oksidan (Seo *et al.*, 2005; Mau *et al.*, 2003).

Temu lawak (*Curcuma xanthorrhiza* Roxb.) merupakan tanaman asli Indonesia yang tumbuh liar di hutan-hutan di dataran rendah hingga 1500 m di atas permukaan laut (Syukur, 2003). Rimpang temu lawak segar terdiri atas minyak atsiri, lemak, zat warna, protein, resin, selulosa, pati, mineral dan air. Temu lawak berkhasiat sebagai antibakteria, anti-kanker, anti-tumor dan anti-radang. Selain itu rimpang temu lawak mengandung anti-oksidan dan hypokolesteromik (Hwang *et al.* 2000; Choi *et al.* 2005).

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan nilai difusivitas, konduktivitas panas (k), massa jenis (ρ), dan panas jenis (C_p) tanaman obat temu lawak dan temu putih.

BAHAN DAN METODE

A. Bahan

Bahan yang digunakan adalah umbi akar temu lawak dan temu putih.

B. Peralatan

Alat-alat yang digunakan adalah *thermal conductivity meter* (Kemtherm QTM-D3), lemari pendingin (Ebara 3848), *hybrid recorder* (HR-2500E), termokopel CC, *drying oven* (Ikeda SS-204D), timbangan digital (AND EK-1200A), kalorimeter, termometer, jangka sorong, gelas ukur.

C. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam menentukan sifat-sifat panas produk yang mencakup panas jenis, konduktivitas panas dan difusivitas panas adalah sebagai berikut:

Penentuan Panas Jenis

Panas jenis didefinisikan sebagai jumlah energi yang dibutuhkan oleh satu satuan berat (m) bahan untuk menaikkan suhunya sebesar satu derajat (Cengel and Boles, 2002). Besaran ini dipakai untuk menduga jumlah energi (Q) yang diperlukan bila suhu bahan berubah satu satuan (ΔT). Panas jenis temu lawak dan temu putih ditentukan dengan menggunakan kalorimeter yang dihitung dengan menggunakan persamaan berikut,

$$C_p = \frac{Q / \Delta T}{m} \quad (1)$$

Siebel mengembangkan suatu persamaan untuk menghitung panas jenis bahan pada kondisi di atas titik beku (Rao *et al.*, 2005; Wirakarta-kusumah *et al.*, 1992) sebagai berikut, :

$$C_p = 4.1868 (0.008 M + 0.20) \quad (2)$$

dimana M adalah persentase kadar air (basis basah).

Metode yang diajukan Charm dalam menghitung panas jenis turut

mempertimbangkan kandungan lemak bahan (Heldman and Singh, 1981). Metode ini cukup baik terutama bagi bahan-bahan yang kandungan lemaknya cukup tinggi.

$$C_p = 4.1868 (0.5 X_f + 0.33 X_s + X_m) \quad (3)$$

dimana X_f adalah fraksi lemak, X_s adalah fraksi padatan dan X_m adalah fraksi air dalam bahan.

Selain dua metode diatas, panas jenis dapat ditentukan dengan metode campuran (method of mixtures). Metode ini banyak dipakai karena caranya sederhana yaitu dengan memasukkan bahan yang sudah diketahui masanya (W_s) kedalam kalorimeter berisi air yang sudah diketahui berat (W_w) dan kapasitas panasnya (C_w). Pengukuran dengan metode campuran didasarkan pada hukum keseimbangan panas dalam kalorimeter yang secara matematis ditulis sebagai berikut (Mohsenin, 1980) :

$$C_s.W_s(T_a - T_e) = C_w.W_w(T_e - T_o) + C_c . W_c (T_e - T_o) \quad (4)$$

Panas jenis dan massa kalorimeter dianggap konstan sehingga perkaliannya merupakan kapasitas panas kalorimeter. Persamaan di atas dapat ditulis sebagai berikut (Mohsenin, 1980) :

$$C_s = \frac{C_w W_w (T_e - T_o) + H_c (T_e - T_o)}{W_s (T_a - T_e)} \quad (5)$$

Kapasitas panas kalorimeter (H_c) dapat ditentukan dengan mencampur sejumlah air yang berbeda suhu awalnya dalam kalorimeter hingga dicapai suhu keseimbangan. Persamaan berikut digunakan untuk menentukan kapasitas panas untuk kondisi tersebut (Mohsenin, 1980) :

$$H_c = \frac{C_h W_h (T_a - T_e) - C_c W_c (T_e - T_o)}{(T_e - T_o)} \quad (6)$$

dimana :

H_c = kapasitas panas kalorimeter, kJ/°C

W_h = massa air panas, kg

W_c = massa air dingin, kg

T_a = suhu awal air panas, °C

T_e = suhu keseimbangan, °C

T_o = suhu awal air dingin, °C

C_h = panas jenis bahan, kJ/kg °C

W_s = massa bahan, kg

C_c = panas jenis kalorimeter, kJ/kg °C

Penentuan Konduktivitas Panas

Konduktivitas panas adalah sifat termal suatu benda untuk merambatkan panas dalam suatu unit waktu melalui luas penampang tertentu yang diakibatkan oleh adanya perbedaan suhu. Untuk bahan hayati, besarnya nilai konduktivitas panas (k) banyak dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti struktur sel/fisik, komposisi kimia bahan, dan kandungan air. Variasi nilai konduktivitas panas bahan hayati lebih besar dibandingkan bahan non-hayati (Jangam and Mujumdar, 2010).

Dalam percobaan ini konduktivitas panas produk diukur langsung dengan menggunakan alat conductivity meter, sedangkan secara tidak langsung konduktivitas panasnya dihitung dengan persamaan Sweat (Phomkong et al., 2006) sebagai berikut :

$$k = 0.148 + 0.00493 M \quad (7)$$

dimana M adalah kadar air produk (% bb.).

Penentuan Difusivitas Panas

Difusivitas panas dapat diartikan sebagai laju pada saat panas terdifusi keluar dari bahan. Distribusi suhu pada suatu bahan dalam kondisi tidak mantap telah dirumuskan oleh persamaan umum Fourier (Yagua and Moreira, 2011) sebagai berikut :

$$\partial T / \partial t = \alpha \nabla^2 T \quad (8)$$

dimana T adalah suhu pada titik tertentu (pada koordinat x , y dan z), t adalah waktu dan α adalah koefisien difusivitas panas.

Dengan mengasumsikan umbi temu lawak dan temu putih berbentuk silinder dan perpindahan panas merata ke arah radial, suhu awal di setiap titik dianggap seragam, kadar air tetap dan tidak terjadi penyusutan, persamaan (8) dapat ditulis

sebagai berikut (Jangam and Mujumdar, 2010) :

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \alpha \left(\frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T}{\partial r} \right) \quad (9)$$

Persamaan (9) di atas didiskritisasi memakai metode numerik beda hingga sehingga diperoleh :

$$T_i^{j+1} - T_i^j = S \left[(T_{i+1}^j - 2T_i^j + T_{i-1}^j) + \frac{1}{i} (T_{i+1}^j - T_{i-1}^j) \right] \quad (10)$$

Selanjutnya nilai S dihitung dengan metode kuadrat terkecil (least square method) dan nilai difusivitas panas (α) dihitung dengan persamaan (11) berikut.

$$S = \frac{\alpha \Delta t}{(\Delta r)^2} < 0.5 \quad (11)$$

Dalam hubungannya dengan sifat termofisik bahan lainnya, nilai difusivitas panas berbanding lurus dengan konduktivitas panas (k) dan berbanding terbalik dengan panas jenis (C_p) dan kerapatan bahan (ρ) tersebut.

Hubungan yang digambarkan pada persamaan (12) dapat dipakai untuk menentukan difusivitas panas yang dikenal sebagai metode tidak langsung.

$$\alpha = \frac{k}{C_p \rho} \quad (12)$$

Penentuan difusivitas panas secara langsung dengan metoda numerik dilakukan dengan menggunakan data distribusi perubahan suhu produk selama pendinginan. Data perubahan suhu bahan diambil dari tiga titik pengukuran. Titik pertama merupakan titik pusat sedangkan titik kedua dan ketiga diukur berjarak Δr dan $2\Delta r$ ke arah radial. Pengukuran dihentikan bila suhu di setiap titik pengamatan sudah relatif seragam.

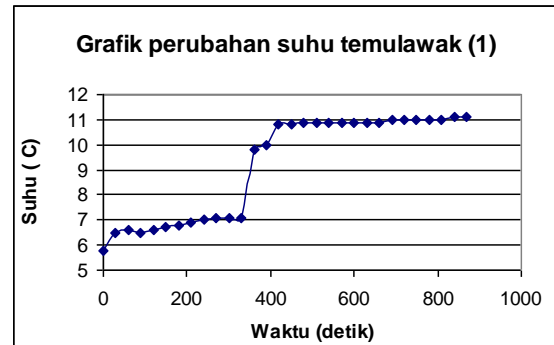
HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Penentuan panas jenis bahan

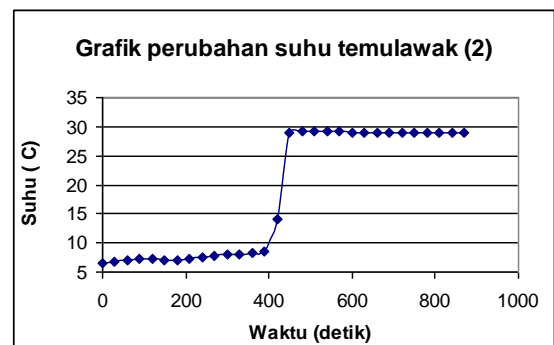
Berdasarkan data pengukuran dan hasil perhitungan didapatkan massa jenis (ρ) temu lawak dan temu putih masing-

masing adalah 1057 kg/m^3 dan 1234 kg/m^3 . Dari hasil ini terlihat bahwa massa jenis temu putih cenderung lebih besar daripada temu lawak.

Grafik perubahan suhu untuk menentukan suhu keseimbangan hasil campuran antara produk, air dan kalorimeter untuk temu lawak dapat dilihat pada Gambar 1 dan 2.



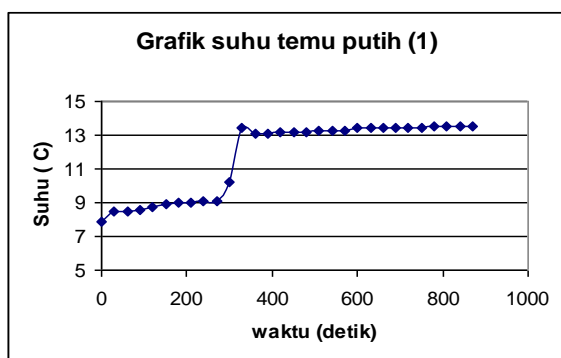
Gambar 1. Grafik perubahan suhu temu lawak (percobaan 1)



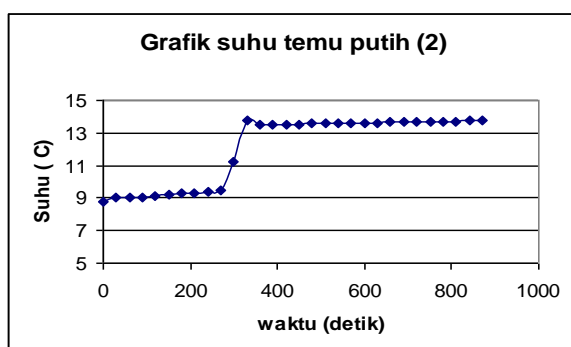
Gambar 2. Grafik perubahan suhu temu lawak (percobaan 2)

Grafik perubahan suhu untuk menentukan suhu keseimbangan hasil campuran antara produk, air dan kalorimeter untuk temu lawak dapat dilihat pada Gambar 3 dan 4.

Panas jenis produk dihitung berdasarkan data pengukuran perubahan suhu dan menggunakan persamaan keseimbangan energi antara produk, air dan kalorimeter (Tabel 1 dan 2). Panas jenis temu lawak adalah $2.835 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$ pada kadar air 79 % (bb), dan panas jenis temu putih adalah $2.863 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$ pada kadar air 87 % (bb).



Gambar 3. Grafik perubahan suhu temu putih (percobaan 1)



Gambar 4. Grafik perubahan suhu temu putih (percobaan 2)

Tabel 1. Penentuan C_p temulawak

	Satuan	TL-1	TL-2
Te	C	9.8	11.9
Tw	C	7.1	9.3
Mw	g	200	200.03
Cpw	J/gC	4.2	4.195
Mp	g	52	50.06
Tp	C	28	29
Cpp	J/gC	2.747	2.922
C_p Temu lawak (kJ/kg°C)		2.835	

Tabel 2. Penentuan C_p temu putih

	Satuan	TP-1	TP-2	TP3
Te	C	12	12	11
Tw	C	9.1	9.5	8.7
Mw	g	200	200	200
Cpw	J/gC	4.195	4.195	4.198
Mp	g	50	50.01	50.01
Tp	C	28.8	28.8	29.04
Cpp	J/gC	3.303	2.846	2.440
C_p temu putih (kJ/kg°C)		2.863		

Nilai C_p yang didapat dari pengukuran lebih kecil dibandingkan

dengan C_p yang dihitung menggunakan persamaan Siebel (persamaan 2). Menurut Siebel, nilai C_p bahan sangat dipengaruhi oleh kadar airnya. Berdasarkan Siebel nilai panas jenis temulawak adalah 3.760 kJ/kg°C dan panas jenis temu putih adalah 4.056 kJ/kg°C.

Panas jenis produk semakin tinggi bila kadar airnya semakin tinggi. Hal ini menunjukkan adanya korelasi positif antara panas jenis dan kadar air karena panas jenis air lebih tinggi dari padatnya. Dengan demikian dapat dimengerti bahwa metode Siebel cukup baik diterapkan untuk bahan yang mengandung kadar air tinggi.

B. Penentuan konduktivitas panas bahan

Pada Tabel 3 dan 4 dapat dilihat nilai pengukuran konduktivitas panas temu lawak dan temu putih yang diperoleh dengan menggunakan peralatan *thermal conductivity meter*. Konduktivitas panas rata-rata temu lawak dan temu putih masing-masing adalah 0.2797 dan 0.3551 W/m°C pada kisaran suhu 34-40 °C.

Tabel 3. Data untuk penentuan k temu lawak

	Satuan	TL-1	TL-2
T awal	C	30	29
T akhir	C	50	49
T rata	C	39	40
dT	C	18	21
k	W/m C	0.2713	0.2881
k temu lawak (W/m C)		0.2797	

Tabel 4. Data untuk penentuan k temu putih

	Satuan	TL-1	TL-2
T awal	C	26	26
T akhir	C	43	42
T rata	C	34	34
dT	C	16	16
k	W/m C	0.3403	0.3698
k temu putih (W/m C)		0.3551	

C. Penentuan difusivitas panas bahan

Penentuan difusivitas panas temu lawak dan temu putih dengan cara tidak langsung (persamaan 12). Dari hasil perhitungan (Tabel 5 dan 6) didapatkan nilai difusivitas panas temu lawak dan temu putih masing-masing adalah 9.34×10^{-8} dan $1.00 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{detik}$.

Nilai koefisien difusivitas panas dipengaruhi oleh suhu bahan atau suhu proses dimana nilainya semakin kecil bila suhu bahan semakin rendah. Tetapi untuk menyederhanakan perhitungan pada umumnya nilai difusivitas dianggap tetap.

Tabel 5. Penentuan difusivitas panas temu lawak

Parameter	Satuan	Nilai
Cp	kJ/kg°C	2.835
k	W/m°C	0.2797
massa jenis	kg/m ³	1057
Difusivitas panas	m ² /detik	9.34E-08

Tabel 6. Penentuan difusivitas panas temu putih

Parameter	Satuan	Nilai
Cp	kJ/kg°C	2.863
k	W/m°C	0.3551
massa jenis	kg/m ³	1234
Difusivitas panas	m ² /detik	1.00E-07

KESIMPULAN

Sifat termofisik bahan sangat dipengaruhi oleh jenis dan kandungan bahan spesifik yang ada pada masing-masing jenis bahan. Penelitian ini telah berhasil menghitung sifat termofisik (thermal properties) temu putih dan temu lawak.

Nilai panas jenis (C_p) temu putih dan temulawak, masing-masing adalah 2.863 kJ/ kg°C, dan 2.835 kJ/ kg°C.

Nilai konduktivitas panas (k) temu putih dan temulawak, masing-masing adalah 0.3551 W/m°C dan 0.2797 W/m°C.

Nilai difusivitas panas (α) temu putih dan temulawak, masing-masing adalah $1.00 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{detik}$ dan $9.34 \times 10^{-8} \text{ m}^2/\text{detik}$.

DAFTAR PUSTAKA

- BPOM. Badan Pengawas Obat dan Makanan. 2007. *Temu Putih*. BPOM, Jakarta.
- Cengel, Y.A, and M.A. Boles. 2002. *Thermodynamics: an Engineering Approach*. Ed ke-4. Boston: McGraw Hill.
- Choi MA *et al.* 2005. Xanthorrhizol, a natural sesquiterpenoid from *Curcuma xanthorrhiza*, has an anti-metastatic potential in experimental mouse lung metastasis model. *Biochemical and Biophysical Research Communications* 326:210–217.
- Heldman, D.R. and R.P. Singh. 1981. *Food Process Engineering*. The AVI Pub. Co. Inc., Westport, Connecticut.
- Hwang J.K., J.S. Shim and Y.R. Pyun. 2000. Antibacterial activity of xanthorrhizol from *Curcuma xanthorrhiza* against oral pathogens. *Fitoterapia* 71:321-323.
- Jangam S.V. and A.S. Mujumdar. 2010. Basic concepts and definitions. *Di dalam: Jangam SV, C.L. Law and A.S. Mujumdar, (Eds). Drying of Foods, Vegetables and Fruits*. Singapore.
- Mau JL *et al.* 2003. Composition and antioxidant activity of the essential oil from *Curcuma zedoaria*. *Food Chemistry* 82:583–591.
- Mayor L and A.M. Sereno. 2004. Modelling shrinkage during convective drying of food materials: a review. *Journal of Food Engineering* 61:373–386.
- Mohsenin, N.N. 1980. *Thermal Properties of Foods and Agricultural Materials*. Gordon and Breach Science Publishers, New York.
- Phomkong, W, G. Srzednicki, and R.H. Driscoll. 2006. Thermophysical Properties of Stone Fruit. *Drying Technology*, 24: 195–200.
- Rao M.A., S.S.H. Rizvi, and A.K. Datta. 2005. *Engineering Properties of*

- Foods, 3rd Ed. CRC Press, Singapore.
- Rizvi S.S.H. 2005. Thermodynamic properties of foods in dehydration. Di dalam: Rao MA, Rizvi SSH, Datta AK, (Eds). Engineering Properties of Foods. 3rd Ed. CRC Press, Singapore.
- Seo WG *et al.* 2005. Suppressive effect of Zedoariae rhizoma on pulmonary metastasis of B16 melanoma cells. *Journal of Ethno-pharmacology* 101:249–257.
- Singh, K.K. and T.K. Goswami. 2000. Thermal properties of cumin seed. *Journal of Food Engineering* 45: 181-187.
- Syukur C. 2003. *Temu Putih. Tanaman Obat Anti Kanker*. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Weidenfeller, B., M. Hofer and F.R. Schilling. 2004. Thermal conductivity, thermal diffusivity, and specific heat capacity of particle filled polypropylene. *Composites: Part A* 35 (2004): 423–429.
- Wirakartakusumah, M.A., Kamaruddin A. dan A.M. Syarif. 1992. Sifat Fisik Pangan, Depdikbud, Dirjen Dikti, PAU Pangan dan Gizi, IPB-Bogor.
- Yagua, C.V. and R.G. Moreira. 2011. Physical and thermal properties of potato chips during vacuum frying. *Journal of Food Engineering* 104: 272–283.